

IRSN

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

La radioprotection des travailleurs

Bilan 2004

DIRECTION DE LA RADIOPROTECTION DE L'HOMME

Programme C06/H-01E1/04-01

Programme stratégique n° 14 « Radioprotection des travailleurs »

La radioprotection des travailleurs

Bilan 2004

Alain RANNOU et Olivier COUASNON

Rapport DRPH/2005-09

	Réservé à l'unité			Visas pour diffusion	
	Auteur(s)	Vérificateurs*		Directeur de la DRPH	Directeur Général de l'IRSN
Noms	A. RANNOU	ML. PERRIN	F. ROLLINGER	P. GOURMELON	J. REPUSSARD
Dates	15/11/2005				
Signatures					

* Rapport sous assurance de la qualité

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION	2
1.1. LES MISSIONS DE L'IRSN	2
1.2. LA CONVENTION AVEC LA DIRECTION DES RELATIONS DU TRAVAIL	3
1.3. LES EFFETS DES RAYONNEMENTS SUR LA SANTE	3
2. BILAN DES ACTIVITES DE L'IRSN EN 2004	5
2.1. AGREMENT DES ORGANISMES DE DOSIMETRIE	5
2.1.1. Avis de l'IRSN sur l'adéquation des techniques de dosimétrie avec la surveillance individuelle des travailleurs	6
2.1.2. Intercomparaison des laboratoires de dosimétrie externe	6
2.2. ETUDES DE POSTE	8
2.2.1. Etudes de poste relatives à la surveillance de l'irradiation externe	8
2.2.2. Etudes relatives à la surveillance de la contamination interne	10
2.2.3. Etudes relatives à l'exposition au rayonnement naturel renforcé	11
2.3. SUIVI DES EVENEMENTS ET INCIDENTS DE RADIOPROTECTION	12
2.4. MISE EN SERVICE DE SISERI	15
3. BILAN ANNUEL 2004 DES EXPOSITIONS PROFESSIONNELLES AUX RAYONNEMENTS IONISANTS	15
3.1. INTRODUCTION	16
3.2. METHODOLOGIE ET HYPOTHESES RETENUES	16
3.3. ANALYSE DES RESULTATS PAR SECTEURS D'ACTIVITE POUR L'ANNEE 2004	18
3.3.1. Résultats généraux	18
3.3.2. Dépassements de la limite annuelle réglementaire de 20 mSv	20
3.3.3. Analyses par domaines d'activité	20
3.3.4. Evolutions par rapport aux années précédentes	25
3.4. DOSIMETRIES COMPLEMENTAIRES	31
3.4.1. Dosimétrie des neutrons	31
3.4.2. Dosimétrie d'extrémités	32
3.5. CONCLUSION	34
4. PERSPECTIVES	34
4.1. EVOLUTION DE L'ANALYSE DU BILAN DOSIMETRIQUE DES TRAVAILLEURS	34
4.2. REFLEXIONS SUR LES EVOLUTIONS POSSIBLES DE LA STRATEGIE DE SURVEILLANCE DE L'EXPOSITION DES TRAVAILLEURS AUX RAYONNEMENTS IONISANTS	35
5. REFERENCES	36

1. INTRODUCTION

1.1. LES MISSIONS DE L'IRSN

L'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), créé par la loi du 9 mai 2001 puis le décret n°2002-254 du 22 février 2002, est un établissement public industriel et commercial (EPIC) placé sous la tutelle conjointe des ministres chargés de la Défense, de l'Environnement, de l'Industrie, de la Recherche et de la Santé. La création de l'IRSN est à rapprocher de celle des agences de sécurité sanitaire. Comme elles, il joue un rôle actif dans l'information du public dans ses domaines de compétences : les risques nucléaires et radiologiques.

L'institut qui rassemble plus de 1 500 experts et chercheurs réalise des recherches, des expertises et des travaux afin de maîtriser les risques associés aux rayonnements ionisants utilisés dans l'industrie ou la médecine, ou encore aux rayonnements naturels. Plus précisément, l'IRSN exerce ses missions d'expertise et de recherche dans les domaines suivants :

- la sûreté des installations nucléaires, y compris celles intéressant la défense,
- la sûreté des transports de matières radioactives et fissiles,
- la protection des travailleurs et de la population générale contre les rayonnements ionisants,
- la protection de l'environnement contre les rayonnements ionisants,
- la protection et le contrôle des matières nucléaires et des produits susceptibles de concourir à la fabrication d'armes,
- la protection des installations et des transports contre les actions de malveillance (vol ou détournement de matières nucléaires, ou encore sabotage).

Les activités de recherche, souvent réalisées dans le cadre de programmes internationaux, permettent à l'IRSN de maintenir et de développer son expertise et d'asseoir sa position internationale de spécialiste des risques dans ses domaines de compétence.

L'IRSN apporte, au travers d'une convention pluriannuelle, un appui technique au ministère chargé du travail dans le domaine de la radioprotection des travailleurs. Le présent bilan rend compte des activités menées dans ce cadre par l'IRSN en 2004.

1.2. LA CONVENTION AVEC LA DIRECTION DES RELATIONS DU TRAVAIL

Le ministère chargé du travail, représenté par la Direction des relations du travail (DRT), s'appuie sur l'IRSN pour disposer d'une expertise de référence en matière de protection des travailleurs contre les rayonnements ionisants.

Les travaux correspondants font l'objet d'une convention-cadre pluriannuelle qui couvre les domaines suivants :

1) Appui de nature réglementaire concernant :

- les textes réglementaires ;
- l'inventaire des sources de rayonnements ionisants ;
- la gestion du système d'information de la surveillance de l'exposition aux rayonnements ionisants (SISERI) ;
- l'agrément des organismes de dosimétrie.

2) Expertise concernant :

- l'analyse du bilan de l'exposition des travailleurs aux rayonnements ionisants et son évolution au cours du temps ;
- l'information en cas d'événement radiologique ;
- le retour d'expérience français et européen en matière de suivi de l'exposition aux rayonnements ionisants et la réflexion sur l'évolution possible des stratégies de surveillance pour les expositions à faibles doses.

3) Ainsi que :

- l'information, sur ces questions, du Conseil Supérieur de la Prévention des Risques Professionnels (CSPRP) ;
- la participation à des groupes d'experts constitués par la DRT ou mandatés par elle.

1.3. LES EFFETS DES RAYONNEMENTS SUR LA SANTE

Les risques d'exposition des travailleurs aux rayonnements ionisants existent selon deux modes : l'irradiation externe par une source radioactive située à l'extérieur du corps humain et la contamination interne consécutive à l'incorporation de substances radioactives, le plus souvent par inhalation, et parfois par ingestion ou à travers une blessure.

L'interaction des rayonnements ionisants avec le corps humain se traduit par des dommages qui dépendent de la quantité d'énergie déposée (**dose absorbée**, exprimée en **gray**) dans les cellules des organes ou tissus exposés mais aussi des modalités d'exposition. La **dose efficace** (en **sievert**) exprime le risque évalué quels que soient la source (naturelle ou artificielle), la nature du rayonnement (alpha, bêta, gamma, rayons X ou neutrons), les voies d'exposition (externe ou interne), les organes ou les tissus atteints. Ainsi, elle permet de comparer entre elles les différentes expositions.

Les risques pour la santé associés à l'exposition aux rayonnements ionisants sont fonction de la dose et de la durée d'exposition. Ces risques sont de deux types : les effets déterministes et les effets stochastiques.

- Les effets déterministes :

Lorsque l'énergie déposée dans les organes ou les tissus dépasse certaines valeurs seuils (de l'ordre de plusieurs grays), les rayonnements ionisants entraînent la mort de nombreuses cellules dans les organes ou tissus exposés et peuvent induire des effets sur la santé d'autant plus précoces que la mortalité cellulaire sera rapide et importante. Il s'agit par exemple, pour les effets apparaissant dans les jours ou semaines suivant une telle irradiation, de brûlures cutanées après irradiation de la peau, d'aplasie médullaire due à la destruction du tissu fabriquant les cellules sanguines, si l'ensemble du corps a été exposé. De plus, les expositions très élevées d'une grande partie du corps (de l'ordre de quelques grays) peuvent conduire au décès dans les semaines qui suivent l'exposition.

- Les effets stochastiques :

A des doses inférieures, il n'y a pas d'effets déterministes mais les lésions induites au niveau cellulaire par les rayonnements ionisants peuvent ne pas être complètement réparées. Il persiste alors une lésion dans le matériel génétique de la cellule qui peut conduire à une mutation cellulaire. Ces mutations peuvent entraîner l'apparition d'effets héréditaires (si la mutation concerne une cellule de la reproduction) ou induire des transformations des cellules qui, plusieurs années après l'exposition, peuvent engendrer des cancers qui surviennent de façon aléatoire dans la population exposée. Ces effets sont appelés stochastiques ou encore probabilistes car on ne peut les mettre en évidence qu'en étudiant des populations ayant été exposées aux rayonnements ionisants et en les comparant à des populations qui, elles, n'ont pas été exposées.

L'IRSN a participé à une étude épidémiologique coordonnée par le Centre International de la Recherche sur le Cancer (CIRC) et menée auprès de 400 000 travailleurs dans 15 pays¹. Cette étude portait sur des travailleurs majoritairement masculins (90%) de l'industrie nucléaire, dont 36 000 travailleurs d'EDF et de CEA-Cogema. Les experts de l'IRSN ont dû

¹ E. Cardis et col., British Medical Journal (BMJ) 2005; 331 (9 July)

reconstituer l'historique dosimétrique des travailleurs du CEA et de COGEMA depuis les années 50. C'est grâce à la mobilisation des experts de chaque pays concerné que cette étude, la plus importante jamais menée sur les travailleurs du nucléaire, a pu être réalisée et publiée.

Les données prises en compte dans cette étude concernent l'exposition des travailleurs de 1950 à 1994. La dose cumulée moyenne de chaque travailleur est d'environ 20 mSv. L'étude montre que les doses des travailleurs du nucléaire ont diminué au fil des années. Un total d'environ 24 000 décès a été observé dont 6 700 par cancer et près de 200 par leucémie.

Les résultats de l'étude suggèrent une faible augmentation du risque de cancer dû aux faibles doses auxquelles les travailleurs sont exposés. Le risque de décès par cancer augmente significativement de 2% pour une dose cumulée de 20 mSv. Bien qu'il ne soit pas significatif, le risque de décès par leucémie augmente avec la dose cumulée, de l'ordre de 4% pour une dose de 20 mSv, ce qui est très proche du résultat d'une étude, publiée en 1994 dans le Lancet, portant sur 90 000 travailleurs de l'industrie nucléaire du Canada, du Royaume-Uni et des Etats-Unis.

2. BILAN DES ACTIVITES DE L'IRSN EN 2004

2.1. AGREMENT DES ORGANISMES DE DOSIMETRIE

Contrairement aux autres risques professionnels, l'exposition aux rayonnements ionisants peut être évaluée individuellement tout au long de la vie professionnelle. En effet, si les rayonnements ionisants sont invisibles et échappent à nos sens, ils se détectent et se mesurent avec une grande précision, même à très petite quantité.

Les mesures de l'exposition des travailleurs sont assurées par les laboratoires de l'IRSN ou par des organismes agréés par le ministère du travail. Elles permettent d'une part, de prévenir les risques de dépassement des limites réglementaires tout en maintenant aussi basse que possible l'exposition des travailleurs et d'autre part, de contribuer au suivi médical des travailleurs exposés.

Conformément aux dispositions du décret n° 2003-296 du 31 mars 2003 et de l'arrêté du 6 décembre 2003 relatif aux conditions de délivrance du certificat et de l'agrément pour les organismes en charge de la surveillance individuelle de l'exposition des travailleurs aux rayonnements ionisants, l'IRSN assure deux missions importantes dans le processus d'agrément des laboratoires chargés de la dosimétrie des travailleurs exposés (dosimétrie interne et dosimétrie externe passive) :

- organiser les intercomparaisons entre ces laboratoires pour vérifier la qualité de leurs mesures au cours du temps ;
- émettre un avis sur l'adéquation des matériels et des méthodes de dosimétrie de ces laboratoires avec la surveillance individuelle des travailleurs.

Ce processus permet *in fine* à la Direction des Relations du Travail de se prononcer sur les demandes d'agrément des laboratoires et contribue à garantir la qualité des données d'exposition recueillies ultérieurement dans le système SISERI (cf. § 2.4).

2.1.1. Avis de l'IRSN sur l'adéquation des techniques de dosimétrie avec la surveillance individuelle des travailleurs

Au cours de l'année 2004, quatre organismes de dosimétrie externe ont demandé l'avis de l'IRSN sur l'adéquation de leurs matériels et méthodes avec la surveillance individuelle de l'exposition externe des travailleurs. L'IRSN a ainsi rendu son avis sur 11 techniques proposées pour assurer la dosimétrie passive. Ces quatre laboratoires ayant reçu un avis favorable ont été agréés par l'arrêté du 30 décembre 2004 portant agrément d'organismes chargés d'effectuer la surveillance de l'exposition externe des travailleurs soumis aux rayonnements ionisants.

2.1.2. Intercomparaison des laboratoires de dosimétrie externe

2.1.2.1. Conditions de réalisation

Cette première intercomparaison organisée par l'IRSN dans le nouveau contexte réglementaire s'est tenue en septembre et octobre 2004 et a concerné 9 laboratoires. 516 dosimètres ont été exposés à des rayonnements photoniques et neutroniques représentatifs des champs de rayonnements auxquels les travailleurs sont susceptibles d'être exposés.

Les tolérances considérées pour l'analyse des résultats sont issues de différentes normes (ISO et CEI) : $\pm 45\%$ de la dose de référence pour les dosimètres photographiques de poitrine, $\pm 30\%$ pour les TLD² et OSL³ de poitrine et $\pm 50\%$ pour les dosimètres d'extrémités et tous les dosimètres neutrons.

² Dosimètre thermoluminescent

³ Dosimètre luminescent par stimulation optique

2.1.2.2. Résultats

A titre d'exemples, les figures 1 et 2 présentent les résultats obtenus pour les dosimètres « de poitrine » dans différentes conditions d'irradiation photonique.

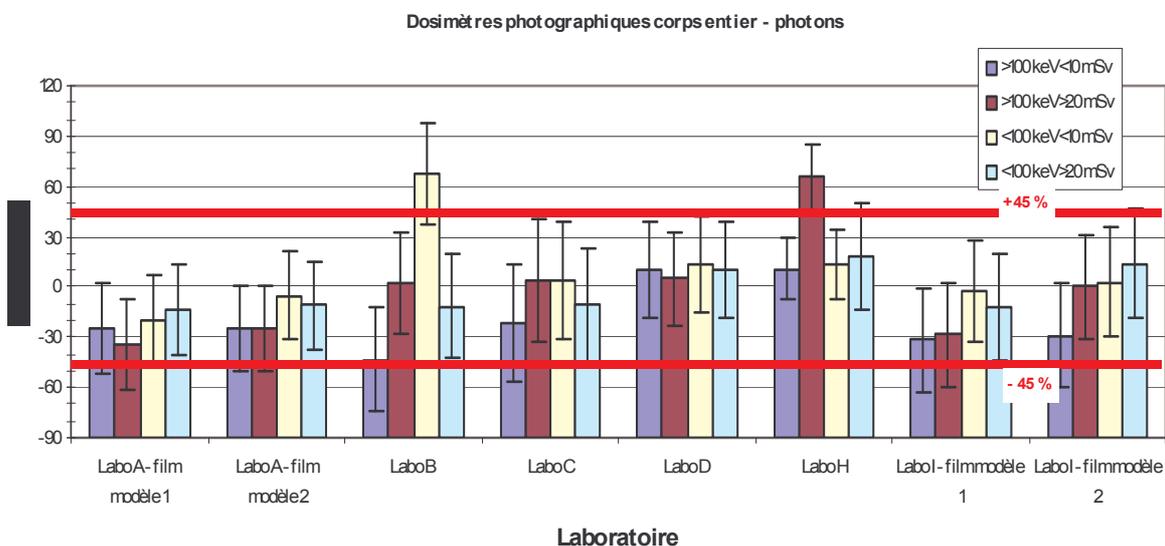


Figure 1- Répartition des écarts par rapport à la référence dans le cas des dosimètres photographiques de poitrine exposés à un rayonnement photonique.

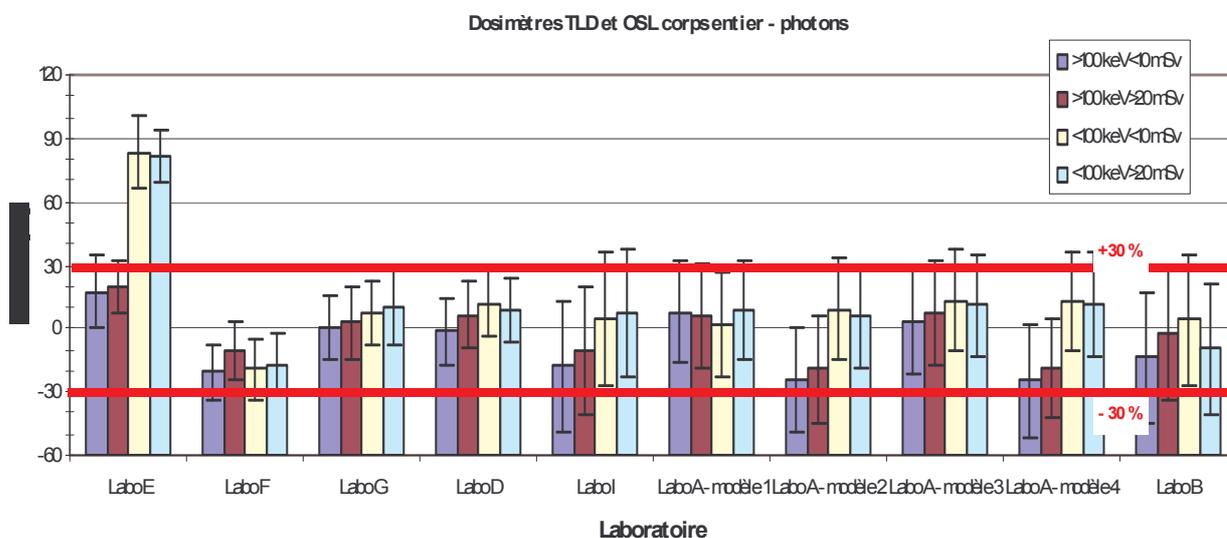


Figure 2- Répartition des écarts par rapport à la référence dans le cas des dosimètres OSL et TLD « de poitrine » exposés à un rayonnement photonique.

2.1.2.3. Conclusion

Cette première intercomparaison dans le nouveau contexte réglementaire a montré que la grande majorité des résultats dosimétriques fournis par les laboratoires étaient dans les tolérances fixées par les normes existantes. Les résultats jugés en limite de tolérance ont

donné lieu à des opérations correctives de la part des laboratoires. Les futures intercomparaisons (la prochaine est prévue au premier semestre 2006) seront complémentaires et porteront en particulier sur les réponses en énergie et angulaires des différents dosimètres ainsi que sur la dosimétrie bêta.

2.2. ETUDES DE POSTE

L'étude de poste de travail, prévue à l'article R. 231-75 du code du travail, vise à caractériser le champ de rayonnement qui règne au poste de travail et à évaluer de façon prévisionnelle les doses reçues par les travailleurs. Ceci implique d'une part la réalisation de mesures et d'autre part la connaissance des activités des travailleurs. Les données issues des études de poste permettent *in fine* de déterminer la classification radiologique des travailleurs et des locaux ainsi que les moyens de surveillance dosimétrique les plus adaptés.

2.2.1. Etudes de poste relatives à la surveillance de l'irradiation externe

2.2.1.1. Approche méthodologique

L'IRSN dispose d'un plateau technique composé d'une large gamme d'outils destinés à réaliser des études de poste dans tous les secteurs d'activité concernés par l'exposition externe. L'instrumentation est constituée notamment de radiamètres, de spectromètres, de compteurs proportionnels, de chambres d'ionisation ainsi que de dosimètres passifs (TLD, diodes) et actifs. Des outils de calculs fondés sur des techniques analytiques ou de Monte-Carlo sont utilisés de façon complémentaire. Par ailleurs, l'IRSN dispose d'installations délivrant des faisceaux de photons, bêta et neutrons de référence.

En 2004, l'IRSN est intervenu en appui technique auprès de différentes installations.

2.2.1.2. Etude de poste au Centre de Protonthérapie d'Orsay

Au centre de protonthérapie d'Orsay (CPO), les traitements des tumeurs ophtalmiques et intracrâniennes sont réalisés à l'aide de faisceaux de protons de haute énergie (73 et 200 MeV). L'interaction du faisceau de protons le long de la ligne de faisceau et dans le patient génère un champ de rayonnement secondaire principalement constitué de neutrons de haute énergie. Des modifications récentes au niveau de la ligne de faisceau nécessitaient de réaliser une nouvelle cartographie des débits de dose ambiants dans l'installation. L'IRSN est intervenu pour établir cette cartographie.

Les radiamètres couramment utilisés en radioprotection n'étant pas adaptés aux caractéristiques du champ secondaire, un compteur proportionnel équivalent tissu (CPET) fonctionnant sur le principe de la microdosimétrie a permis d'évaluer les débits de dose ambiants aux différents postes de travail. Parallèlement, cette étude a permis d'évaluer les doses au niveau du patient, et au niveau des systèmes électroniques présents dans les salles de traitement.



*Compteur proportionnel
équivalent tissu (CPET)*

2.2.1.3. Etude de poste en salle de radiologie conventionnelle à l'hôpital Saint Vincent de Paul (AP-HP)

L'installation radiologique est une table télécommandée où sont pratiqués les examens suivants : poumons, abdomen sans préparation (ASP), bassin, urographie intra-veineuse (UIV) et rachis.

Le personnel est habituellement situé au pupitre de commande derrière un paravent plombé (équivalent à 2 mm de plomb). Il existe cependant certaines situations (enfants agités ou nourrissons) où un manipulateur se tient à proximité de la table d'examen ; il porte alors une chasuble de protection (équivalent à 0,5 mm de plomb).

La dose quotidienne reçue au pupitre de commande a été estimée à 1,7 μ Gy, en considérant la procédure la plus irradiante comprenant les 3 incidences du rachis lombaire et une fréquence moyenne de 20 procédures par jour. Sur la base de 200 jours de travail par an, la dose efficace individuelle annuelle a été évaluée à 0,4 mSv au maximum. La dose reçue lors d'une seule procédure par le manipulateur portant la chasuble de protection a été évaluée à 2,8 μ Gy. Sur la base de 10 procédures quotidiennes et de 200 jours de travail par an, la dose efficace individuelle annuelle s'avère alors proche de 6 mSv, valeur correspondant au seuil bas de la catégorie A des travailleurs exposés. Les investigations ainsi menées par l'IRSN dans les différentes conditions de travail ont fourni tous les éléments permettant de définir la classification radiologique des personnels et des locaux.

2.2.1.4. Etude de poste en salle de radiologie interventionnelle à l'hôpital Beaujon (AP-HP).

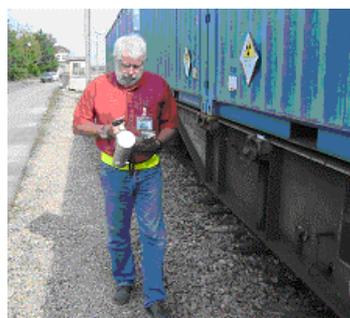
Cette étude concernait l'exposition du radiologue et du manipulateur (tous deux porteurs d'un tablier de protection) auprès d'un appareil de radiologie utilisé en bloc opératoire pour réaliser des actes diagnostiques et interventionnels sur la région hépatique. Les mesures ont été réalisées en incidence de face, en mode scopie « demi dose ».

Pour un seul examen, la durée moyenne de scopie est de l'ordre de 45 minutes. La dose reçue par le radiologue est en moyenne de 10,8 μGy par examen, soit en considérant 250 examens par an et la prise en compte du facteur de conversion dosimétrique approprié, une dose efficace annuelle de 3,2 mSv. La dose aux extrémités est en moyenne de 1,05 mGy par examen et de 263 mSv par an. Pour le manipulateur, la dose efficace annuelle est de 90 μSv . Les résultats de cette étude ont permis de définir la classification radiologique des personnels et des locaux.

2.2.1.5. Etude de poste de travail auprès de convois SNCF transportant des matières radioactives

La réglementation relative au transport international de marchandises dangereuses par voie de chemin de fer prévoit la rédaction d'un programme de protection radiologique dans le cas de transport de matières radioactives.

Dans ce contexte, la SNCF a signé un contrat avec l'IRSN pour la réalisation de campagnes de mesures de dose aux postes de travail en regard des neuf types de matières radioactives transportées. Au cours de l'année 2004, cinq types de convois ont ainsi été caractérisés, les quatre autres seront étudiés en 2005. L'ensemble de ces résultats permettra *in fine* à la SNCF d'élaborer son programme de protection radiologique.



Mesures dosimétriques et spectrométriques à proximité des convois de transport de matières radioactives.

2.2.2. Etudes relatives à la surveillance de la contamination interne

Dans l'industrie nucléaire, le risque majeur d'exposition interne étant l'inhalation de particules radioactives, les études expérimentales de l'IRSN reposent sur des prélèvements d'aérosols aux postes de travail et leur caractérisation au laboratoire en termes de

distribution granulométrique, de concentration dans l'air, de composition chimique et isotopique et de solubilité dans l'organisme. Les données ainsi obtenues permettent de calculer, à l'aide de logiciels de calcul adaptés, la dose efficace susceptible d'être reçue par un travailleur qui serait exposé en situation accidentelle ou chronique à ces aérosols radioactifs.

Une spécificité du plateau technique de l'IRSN est qu'il s'agit d'un laboratoire en zone surveillée avec une animalerie « rongeurs » permettant le suivi complet de l'aérosol radioactif depuis le lieu de prélèvement jusqu'à l'organisme où est étudié son comportement. Des contaminations internes par inhalation peuvent être réalisées au laboratoire, permettant la détermination des biocinétiques⁴ de poussières radioactives d'intérêt et l'étude de leurs effets biologiques sur l'organisme.

En 2004, l'IRSN a réalisé des études de dosimétrie interne d'une part pour le compte des exploitants nucléaires (Cogema, FBFC, EDF), d'autre part en collaboration avec d'autres organismes de recherche nationaux ou internationaux, tels que le *Health Protection Agency (HPA)* en Grande-Bretagne et le *Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit (GSF)* en Allemagne. Les connaissances acquises lors de ces études sur les caractéristiques des contaminants seront utiles pour une meilleure évaluation de la dose interne et une amélioration de la protection radiologique des travailleurs.

2.2.3. Etudes relatives à l'exposition au rayonnement naturel renforcé

2.2.3.1. Les travailleurs du thermalisme

La directive 96/29/Euratom a identifié le thermalisme comme étant une activité pendant laquelle les travailleurs sont exposés à des sources naturelles de rayonnement tels que les produits de filiation du radon. Or, les connaissances de l'exposition aux rayonnements naturels des personnels thermaux restent très partielles en France. Une étude bibliographique⁵ de l'IRSN s'appuyant sur les stations thermales étrangères renforce l'idée selon laquelle des doses significatives peuvent être reçues par les personnels. Les différentes expertises réalisées par l'IRSN ont montré qu'en raison d'une grande diversité dans les temps de présence et dans le contact avec l'eau thermale, agent responsable de la présence de radon dans les bâtiments, les voies et les niveaux d'exposition diffèrent selon les catégories de personnes considérées (public, personnels technique et thermal, médecins thermaux, masseurs kinésithérapeutes, personnels chargés de l'entretien des locaux et du linge, ...). En raison de l'existence potentielle de plusieurs sources de radon (sol sous-jacent

⁴ Vitesses de transfert des particules incorporées, respectivement dans les différents tissus de l'organisme

⁵ Le radon dans les stations thermales : une source d'exposition aux rayonnements ionisants. R. Améon. Radioprotection, vol.38, n°2, 201-215, 2003

au bâtiment, eau thermale), de l'atmosphère particulièrement humide des locaux, de l'activité saisonnière des établissements, l'exigence de la norme AFNOR NF M60-771 relative à la méthodologie de dépistage du radon dans les bâtiments doit être adaptée. A ce titre, l'IRSN a élaboré en 2004, à la demande de l'administration, une méthodologie de dépistage de l'activité volumique du radon dans les établissements thermaux⁶. En 2005, cette méthodologie a été validée dans les thermes de Luchon⁷.

2.2.3.2. Acceptation des déchets en centre de stockage de déchets ultimes

A l'initiative du MEDD, un guide méthodologique⁸ « évaluation de l'impact radiologique de l'élimination de déchets présentant une radioactivité naturelle en centres de stockage de déchets » a été réalisé en 2005. Une consultation élargie est en cours (principales administrations, préfetures, DRIRE, syndicats professionnels, principaux exploitants, associatifs...). Ces déchets peuvent être éliminés dès lors qu'il a été démontré, *via* une étude d'impact, que leur radioactivité est suffisamment faible du point de vue de la radioprotection. La limite annuelle d'exposition considérée pour définir le caractère acceptable du point de vue de la radioprotection est de 1 mSv.an⁻¹ en valeur ajoutée au rayonnement naturel pour le personnel du centre de stockage (circulaire du 10 juin 2003). L'objectif de ce guide est de proposer aux producteurs et éliminateurs de déchets mais surtout aux experts en charge des études, une méthodologie détaillant les diverses étapes à mettre en œuvre pour la réalisation des évaluations d'impact radiologique, en particulier, pour le personnel intervenant dans la gestion de ces déchets.

2.3. SUIVI DES EVENEMENTS ET INCIDENTS DE RADIOPROTECTION

De par sa position d'expert technique dans le domaine de la radioprotection et au regard de sa mission de participation à la veille en radioprotection, l'IRSN doit connaître de la façon la plus exhaustive possible les événements et incidents concernant la radioprotection. Leur survenue témoigne en effet du niveau de qualité de la radioprotection dans les différents secteurs mettant en jeu les rayonnements ionisants, en complément d'autres indicateurs de qualité tels les doses individuelles moyennes reçues par les travailleurs, les doses collectives... La connaissance des incidents et l'analyse des circonstances les ayant engendrés sont indispensables pour constituer un retour d'expérience et élaborer des recommandations visant à améliorer la protection des travailleurs et du public.

⁶ rapport IRSN/DEI/SARG 04-04

⁷ rapport IRSN/DEI/SARG 05-19

⁸ rapport IRSN/DEI/SARG/05-16

Dans cette perspective, l'IRSN a initié en 2004 un travail pour centraliser les données concernant les événements et incidents de radioprotection et développer un réseau efficace de collecte d'informations. L'année 2004 est une année de structuration et d'organisation de cette activité. Le bilan établi comporte l'ensemble des incidents déclarés aux autorités et un certain nombre d'événements ou « signaux » intéressant la radioprotection et portés à la connaissance de l'IRSN. L'objectif visé n'est pas d'atteindre nécessairement un recensement exhaustif de ces événements qui ne relèvent pas d'une procédure systématique de déclaration aux autorités, mais plutôt d'obtenir une vision représentative des pratiques afin d'en tirer des pistes d'amélioration possibles.

Parmi les 460 événements concernant la radioprotection dont l'IRSN a eu connaissance en 2004, 250 concernent directement les travailleurs. La répartition de ces événements est la suivante :

Tableau 1 - Evénements de radioprotection concernant les travailleurs - 2004

	Secteur d'activité ^(*)				Total
	Médical	Industrie	INB	Recherche	
Ecarts dans les procédures de radioprotection (ESR 100)	0	3	158	1	162
Dépassements de limites réglementaires de dose sur douze mois consécutifs	42	11	0	2	55
Exposition interne	0	2	11	1	14
Exposition externe	0	5	2	0	7
Exposition externe et interne	0	0	1	0	1
Divers	2	7	2	0	11
Total	44	28	174	4	250

^(*) A ce jour, seul le secteur des Installations Nucléaires de Base (INB) dispose d'une procédure de déclaration aux autorités selon des critères bien définis. A contrario, il n'existe pas de tels critères dans les autres types d'installations, ce qui explique au moins en partie, le très faible nombre d'événements déclarés dans celles-ci.

Les écarts dans les procédures de radioprotection représentent 65 % des événements concernant les travailleurs. Il s'agit, à quatre exceptions près, des événements déclarés par EDF selon les critères en vigueur dans les INB (ESR 100). Leur répartition indique une très forte prédominance des incidents déclarés au titre du critère 7 de cette échelle « *Non respect des conditions techniques d'accès dans une zone réglementée ou interdite* » (41 %), du critère 6 « *Défaut de signalisation de zone contrôlée* » (21 %) et du critère 10 « *Tout autre écart significatif au titre de la radioprotection* » (22 %).

Les dépassements de la limite réglementaire d'exposition des travailleurs représentent 22% des évènements avec une très forte prédominance de ces dépassements dans le domaine médical (environ 4 sur 5).

L'analyse globale des 250 évènements concernant les travailleurs montre qu'ils proviennent pour 70 % de l'industrie nucléaire, pour 18% du secteur médical tandis que 11% proviennent du domaine industriel non nucléaire. Il faut cependant souligner que cette répartition est biaisée car essentiellement dépendante de la culture « déclarative » de chacun de ces secteurs. En effet, l'existence de critères de déclaration dans le domaine des INB est probablement la raison principale du grand nombre des incidents enregistrés dans l'industrie nucléaire. Par contre, dans les domaines industriel et médical, il n'existe pas, pour l'instant, de critères de déclaration des incidents. Hormis les incidents relativement significatifs qui font l'objet inévitablement d'une déclaration, les évènements collectés sont connus de façon très indirecte, essentiellement par le suivi dosimétrique des travailleurs.

En 2004, l'IRSN est intervenu pour des expertises à la suite de plusieurs incidents ayant eu pour conséquence des suspicions ou des expositions avérées de travailleurs. Les quelques exemples qui suivent illustrent le type d'intervention réalisée.

Un premier exemple concerne un incident survenu dans un atelier de montage de pièces industrielles : alors qu'il effectuait des contrôles de soudure dans une cabine de radiographie, un opérateur a été exposé au faisceau de rayons X de son générateur resté fortuitement en marche à la suite du dysfonctionnement des sécurités de l'installation. Le dosimètre de l'opérateur se trouvant dans la poche arrière de son pantalon au moment de l'incident, le résultat fourni n'était pas fiable. La reconstitution expérimentale de l'incident réalisée par l'IRSN a permis d'évaluer la dose vraisemblablement reçue par l'opérateur.

Dans un deuxième cas, l'IRSN a apporté son appui technique à l'inspection du travail, à la suite des résultats de dosimétrie passive très élevés observés plusieurs mois consécutifs chez un technicien de maintenance d'une société intervenant en sous-traitance de l'industrie nucléaire. Les investigations techniques menées par l'IRSN ont permis de conforter l'inspection du travail dans la conclusion que ces dosimètres avaient été irradiés volontairement dans un souci de malveillance.

Enfin, l'IRSN est intervenu en 2004, alerté par la répétition du dépassement de la limite réglementaire de dose de quelques praticiens de radiologie interventionnelle dans un centre de cardiologie. L'IRSN s'est rendu sur place pour observer les pratiques et discuter avec les différents intervenants, mettant alors en évidence un port non conforme des dosimètres : en l'occurrence, les médecins interventionnels portaient leur dosimètre au

dessus du tablier de plomb et non en dessous comme cela doit être fait pour refléter l'exposition réelle des personnes.

2.4. MISE EN SERVICE DE SISERI

Dans le cadre de ses missions et conformément à l'article R.231-113 du décret n°2003-296 du 31 mars 2003, l'IRSN a la responsabilité de la collecte, la consolidation et la sauvegarde des données de la surveillance dosimétrique individuelle des travailleurs exposés aux rayonnements ionisants.

Le système SISERI (système d'information de la surveillance de l'exposition aux rayonnements ionisants), développé à l'IRSN dans le cadre d'une convention avec la Direction des Relations du Travail, a été achevé au plan informatique au cours de l'année 2004. Centralisées sur une base de données accessible depuis un extranet⁹, les informations sur la dosimétrie individuelle des travailleurs transmises par les laboratoires agréés et les employeurs peuvent ainsi être traitées et restituées rapidement aux personnes autorisées que sont les médecins du travail et les personnes compétentes en radioprotection. L'IRSN a mis en place une infrastructure technique et juridique qui permet, notamment par l'utilisation de certificats numériques, de veiller au respect des dispositions réglementaires et législatives du décret du 31 mars 2003 et de la loi 78-17 modifiée du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés. Ces dispositions ainsi que les règles techniques concernant les formats de fichiers sont rappelées dans un protocole d'accès au système SISERI défini par l'IRSN et visé par tous les chefs d'établissements dans lesquels des travailleurs sont exposés aux rayonnements ionisants.

Sa mise en service officielle est intervenue en février 2005 après publication de l'arrêté du 30 décembre 2004 relatif à la carte individuelle de suivi médical. La montée en charge se fera progressivement tout au long de l'année 2005 et au-delà. Ce dispositif constitue une avancée importante pour la surveillance dosimétrique des travailleurs. Il permettra à l'IRSN de remplir un rôle d'alerte important, notamment en cas de dépassement de l'une des limites réglementaires.

3. BILAN ANNUEL 2004 DES EXPOSITIONS PROFESSIONNELLES AUX RAYONNEMENTS IONISANTS

Les fonctionnalités du système SISERI n'ont pas pu être mises en œuvre pour effectuer le bilan annuel 2004 des expositions professionnelles en raison du déploiement opérationnel de SISERI et de la priorité accordée à l'acquisition et l'intégration des données. Le bilan pour l'année 2004 a donc été établi de la même façon que pour les années antérieures, à partir des bilans de la dosimétrie externe passive fournis par chacun des laboratoires de dosimétrie [1].

⁹<http://www.siseri.com/>

3.1. INTRODUCTION

La dosimétrie externe consiste à évaluer les doses reçues par des personnes exposées dans un champ de rayonnement (rayons X, gamma, bêta, neutrons) produit par une source extérieure à la personne.

Les dosimètres, adaptés aux différents types de rayonnements, permettent de connaître la dose reçue par le corps entier ou par une partie du corps (peau, doigts), soit en temps réel (on parle de dosimétrie active ou opérationnelle), soit en différé après lecture dans un laboratoire spécialement équipé à cet effet (on parle alors de dosimétrie passive).

La dosimétrie passive des rayonnements X, γ et β est systématique. Les travailleurs susceptibles d'être exposés à un rayonnement neutronique (dans les centrales nucléaires, les ateliers de fabrication et de retraitement du combustible, auprès des accélérateurs,...) portent en outre un dosimètre dédié à la mesure de la dose due aux neutrons.

Enfin, les travailleurs peuvent aussi faire l'objet d'une surveillance spécifique au niveau des extrémités (poignet, doigts) ou de certaines parties du corps (tête, cou,...).

Les données analysées pour établir le présent bilan sont celles fournies par les laboratoires de dosimétrie passive suivants :

- LCIE - LANDAUER
- Institut de Physique Nucléaire (IPN CNRS/IN2P3, Orsay)
- COGEMA Marcoule - Laboratoire de Dosimétrie
- COGEMA La Hague - DQSSE/Prévention Radioprotection
- Institut de Recherches Subatomiques (IReS, Strasbourg)
- IRSN/LSDOS

Les données du secteur d'activité relevant de la Défense n'apparaissent pas dans le bilan.

3.2. METHODOLOGIE ET HYPOTHESES RETENUES

Le bilan des expositions professionnelles pour l'année 2004 est établi à partir des doses individuelles annuelles transmises sous forme agrégée par les laboratoires de dosimétrie passive : effectifs de travailleurs concernés par grands secteurs d'activité professionnelle, doses collectives correspondantes et répartition des travailleurs par classes de doses.

Comme les années précédentes, certaines hypothèses ont été prises pour pouvoir analyser les données agrégées fournies par les laboratoires avec des caractéristiques différentes (classes de doses, seuils d'enregistrement des doses, règles d'affectation par secteurs d'activité) mais aussi pour tenir compte de différents problèmes (informations manquantes, individus comptés deux fois,...).

L'une des difficultés majeures qui se pose pour l'établissement des bilans est d'affecter les travailleurs surveillés aux activités professionnelles réellement exercées. En pratique, chaque travailleur est affecté au secteur professionnel auquel est rattachée son entreprise. Or, une même entreprise peut couvrir plusieurs secteurs d'activité. Par exemple, de nombreuses entreprises spécialisées dans les contrôles non destructifs (tirs gammagraphiques pour les contrôles de soudures) interviennent aussi bien dans le secteur nucléaire que dans des installations de l'industrie classique (les raffineries, ...). Ces entreprises sont le plus souvent répertoriées dans le secteur de l'industrie non nucléaire pour l'affectation des résultats de la dosimétrie passive alors qu'une partie importante de la dose collective des travailleurs exposés dans ce secteur est attribuable à des travaux effectués dans les installations nucléaires de base (INB) pour le compte des grands exploitants.

Les classes de doses retenues pour le bilan reposent sur un choix de valeurs représentatives :

- Seuil d'enregistrement¹⁰ des doses ;
- 1 mSv/an (limite de dose efficace pour les personnes du public et seuil bas de délimitation de la zone surveillée, art. R231-81 du décret n°2003-296 du 31 mars 2003) ;
- 6 mSv/an (seuil bas de la catégorie A des travailleurs exposés, art. R231-88 du décret n°2003-296 du 31 mars 2003 et seuil bas de délimitation de la zone contrôlée, art. R231-81 du décret n°2003-296 du 31 mars 2003) ;
- 15 mSv/an (ancien seuil bas de délimitation de la zone contrôlée, disposition transitoire du décret n°2003-296 du 31 mars 2003) ;
- 20 mSv/an (limite sur 12 mois consécutifs de la somme des doses efficaces reçues par exposition externe et interne applicable aux travailleurs exposés, art. R231-76 du décret n°2003-296 du 31 mars 2003) ;
- 50 mSv/an (ancienne valeur de la limite réglementaire pour les travailleurs exposés).

¹⁰ Niveau de dose au-dessus duquel les valeurs des doses reçues par un travailleur sont enregistrées dans son dossier individuel. En pratique, ce niveau est lié aux performances de détection des dosimètres et est actuellement égal à 0,15 ou 0,2 mSv selon les dispositifs.

3.3. ANALYSE DES RESULTATS PAR SECTEURS D'ACTIVITE POUR L'ANNEE 2004

3.3.1. Résultats généraux

Le tableau 2 présente l'ensemble des données, regroupées par secteurs d'activité, de la surveillance de l'exposition externe assurée par les laboratoires de dosimétrie en 2004. Les valeurs de dose¹¹ par secteur d'activité sont exprimées en termes de dose collective¹².

Tableau 2 - Bilan des expositions professionnelles - 2004

Rubriques	Secteur d'activité	Travailleurs surveillés	< seuil	Entre le seuil et 1 mSv	1 à 6 mSv	6 à 15 mSv	15 à 20 mSv	20 à 50 mSv	> 50 mSv	Dose collective en homme.Sv
1	Radiologie médicale	92948	85818	6048	918	129	7	23	5	6,28
2	Radiothérapie	7160	6749	268	122	18	0	3	0	0,65
3	Médecine nucléaire	3875	3002	522	321	30	0	0	0	1,29
4	Sources non scellées in vitro	2914	2804	83	26	1	0	0	0	0,10
5	Dentaire	23773	23149	549	69	4	0	1	1	0,49
6	Médecine Travail	4681	4480	187	11	2	0	1	0	0,11
7	Vétérinaires	7655	7360	266	24	2	0	2	1	0,34
8	Industrie non nucléaire	29174	24324	1216	2527	1068	30	5	4	20,02
9	Recherche	7211	7163	33	15	0	0	0	0	0,04
10	Divers	7613	7465	75	68	4	0	1	0	0,26
11	EDF (agents)	19406	15431	2651	1321	3	0	0	0	9,50
12	COGÉMA LA HAGUE	3012	2809	176	27	0	0	0	0	0,12
13	COGÉMA MARCOULE*	3380	3089	234	57	0	0	0	0	0,20
14	MELOX	809	391	113	216	89	0	0	0	1,45
15	CEA	6600	6255	257	88	0	0	0	0	1,17
16	IPN Orsay	3132	3101	25	6	0	0	0	0	0,02
17	« Entreprises extérieures » ** (suivi IRSN)	23745	19167	2597	1611	364	3	1	2	8,50
18	« Entreprises extérieures » ** (suivi LCIE)	7429	4592	234	1823	749	30	1	0	13,13
19	IReS - CNRS Délégation Alsace, Université Louis Pasteur de Strasbourg	804	793	11	0	0	0	0	0	≈ 0
	Total	255321	227942	15545	9250	2463	70	38	13	63,68

* Travailleurs des établissements de Cogéma Marcoule, Pierrelatte, FBFC et Miramas, suivis par les laboratoires Cogéma Marcoule (effectif constitué majoritairement d'agents Cogéma, mais aussi CEA, IRSN, etc.).

** Les « entreprises extérieures » désignent les entreprises intervenant pour le compte des grands exploitants dans les installations nucléaires de base.

¹¹ Doses efficaces annuelles dues à l'exposition externe, obtenues comme le cumul des équivalents de dose individuels Hp(10) mesurés par les dosimètres passifs.

¹² La dose collective est la somme des doses individuelles reçues par un groupe de personnes. A titre d'exemple, la dose collective de 10 personnes ayant reçu chacune 1 mSv est égale à 10 homme.mSv.

Les données essentielles du bilan global de la surveillance dosimétrique de l'exposition externe en 2004 sont rassemblées dans l'encadré ci-dessous.

Bilan de la surveillance dosimétrique de l'exposition externe en 2004

- *Effectif total surveillé : 255 321 travailleurs*
- *Dose collective de l'effectif total surveillé : 63,7 homme.Sv*
- *Dose individuelle annuelle moyenne sur l'ensemble des effectifs surveillés : 0,25 mSv*
- *Dose individuelle annuelle moyenne sur l'effectif surveillé ayant enregistré une dose non nulle : 2,33 mSv*
- *Effectif ayant enregistré une dose individuelle annuelle > 1 mSv : 11 834 travailleurs (4,6 % de l'effectif total surveillé)*
- *Effectif ayant enregistré une dose individuelle annuelle > 20 mSv : 51 travailleurs*
- *Effectif ayant enregistré une dose individuelle annuelle > 50 mSv : 13 travailleurs*

Le secteur d'activité qui emploie le plus grand nombre de travailleurs surveillés sur le plan dosimétrique est celui de la radiologie médicale¹³ (36 % de l'effectif total).

Tous secteurs d'activité confondus, seulement 5 % environ des travailleurs ont reçu des doses individuelles supérieures à 1 mSv, valeur qui correspond à la limite annuelle fixée pour le public. A noter également que seuls 10 % des travailleurs ont reçu au moins une fois une dose supérieure au seuil d'enregistrement.

Des différences importantes en fonction des secteurs d'activité sont observées. Ainsi, on peut noter que près de 35 % des salariés des entreprises notées « Entreprises extérieures (suivi LCIE) » ont dépassé 1 mSv au cours de l'année 2004. Il s'agit d'entreprises qui interviennent globalement en sous-traitance lors des arrêts de tranches sur les centres nucléaires de production d'électricité. Les travaux réalisés par leurs salariés génèrent des doses de l'ordre de 5 mSv/an, sensiblement supérieures à celles de l'ordre de 3,5 mSv/an reçues par les salariés des entreprises sous-traitantes du groupe CEA (rubrique « Entreprises extérieures (suivi IRSN) ») qui sont dans la même situation.

Les dépassements de la limite réglementaire (20 mSv/an) sont commentés dans le paragraphe suivant.

¹³ La radiologie médicale regroupe les techniques de radiologie conventionnelle, de mammographie, de scanographie et de radiologie interventionnelle.

3.3.2. Dépassements de la limite annuelle réglementaire de 20 mSv

La limite réglementaire pour la dose efficace reçue au cours de douze mois consécutifs était de 35 mSv jusqu'au 31 mars 2005, date à laquelle elle est passée à 20 mSv. Il est souligné que les dépassements pris en compte ici concernent uniquement les doses cumulées (en exposition externe) sur l'année 2004.

Une dose supérieure à 20 mSv n'est considérée comme avérée, et donc définitivement enregistrée dans la base SISERI de l'IRSN, qu'après confirmation par le médecin du travail à l'issue d'une enquête. En 2004, plus d'une soixantaine de dépassements des 20 mSv ont été signalés par les laboratoires de dosimétrie. Après enquête, douze résultats de dose ont été annulés à la demande de médecins du travail. Les dépassements de limite de dose ne sont pas toujours facilement explicables, hors incidents avérés ou conditions de travail bien connues pour induire des expositions significatives. Dans la grande majorité des cas où la dose est annulée à la demande du médecin, il s'agit de dosimètres ayant été exposés (volontairement ou accidentellement) alors qu'ils n'étaient pas portés. Dans quelques cas, bien que le résultat ait été considéré comme douteux (par exemple, l'opérateur pense que son dosimètre a été exposé dans une salle d'irradiation où lui-même n'était pas présent), la dose a été enregistrée par précaution. Inversement, il est vraisemblable que des dépassements de la limite réglementaire soient ignorés par le simple fait que les travailleurs n'ont pas porté leur dosimètre.

A ce jour, 51 cas de dépassement en 2004 ont été retenus (des enquêtes sont toujours en cours, susceptibles de modifier ce bilan). Dans pratiquement la moitié des cas, le dépassement de la limite des 20 mSv/an n'est pas le résultat d'un événement particulier (aucune dose mensuelle n'a dépassé les 20 mSv) mais celui d'une accumulation « chronique » de doses significatives sur toute l'année. Dans l'autre moitié des cas, il s'agit en revanche de travailleurs qui ont reçu de façon « ponctuelle » (en un seul mois) une dose supérieure à 20 mSv. A titre de comparaison, le nombre de dépassements correspondant à des doses « ponctuelles » en 2004 est sensiblement le même qu'en 2003 [1]. Par contre, celui correspondant à des doses « chroniques » a diminué de plus d'un facteur 3.

3.3.3. Analyses par domaines d'activité

Les données figurant au tableau 2 et correspondant à un même grand secteur d'activité professionnelle ou établissement ont été regroupées dans le tableau 3 afin de donner une vision plus synthétique des effectifs concernés, des doses collectives et des secteurs les plus exposés.

Tableau 3 - Bilan synthétique des expositions professionnelles - 2004

Rubriques ^a	Secteur d'activité	Travailleurs surveillés	Dose collective (homme.Sv)	Dose individuelle moyenne ^b (mSv)	Effectifs dont la dose individuelle annuelle est supérieure à 20 mSv	Répartition des effectifs par Intervalles de dose				
						< 1 mSv	1 à 6 mSv	6 à 20 mSv	20 à 50 mSv	> 50 mSv
1,2,3,4,5,6,7	Activités médicales et vétérinaires	143006	9,26	< 0,1	37	141285	1491	193	30	7
8,10	Industrie - effectif classé "non nucléaire"	36787	20,28	0,6	10	33080	2595	1102	6	4
9,16,19	Recherche IPN / CNRS +Divers	11147	0,07	< 0,1	0	11126	21	0	0	0
11	EDF (agents)	19406	9,50	0,5	0	18082	1321	3	0	0
12,13,14	Cogéma [*]	7201	1,76	0,25	0	6812	300	89	0	0
15	CEA ^{**}	6600	1,17	0,2	0	6512	88	0	0	0
17,18	Entreprises extérieures (suivi IRSN et LCIE) ^{***}	31174	21,63	0,7	4	26590	3434	1146	2	2
	Total	255321	63,68	0,25	51	243487	9250	2533	38	13

a Cf. rubriques du tableau 2

b Dose individuelle moyenne = dose collective / nombre de travailleurs surveillés

* L'effectif concerné est celui des travailleurs des établissements de Cogéma La Hague, Cogéma Marcoule, Pierrelatte, Melox, FBFC et Miramas, suivis par les laboratoires Cogéma La Hague et Marcoule (effectif constitué majoritairement d'agents Cogéma, mais aussi CEA, IRSN, etc.).

** Travailleurs des établissements CEA suivis par le laboratoire de l'IRSN.

*** Les entreprises extérieures désignent les entreprises intervenant pour le compte des grands exploitants dans les installations nucléaires de base.

Comme évoqué précédemment, des inégalités importantes dans la répartition des doses sont observées selon les secteurs d'activité. Bien que la majorité des effectifs surveillés soit employée dans le secteur des activités médicales et vétérinaires, ce secteur ne représente que 15 % de la dose collective totale mais comprend les travailleurs les plus exposés (7 personnes dont la dose individuelle est supérieure à 50 mSv en 2004). A titre de comparaison, la dose collective des agents EDF est du même ordre de grandeur pour un effectif surveillé 7 fois moindre et aucun agent EDF n'enregistre de dose individuelle supérieure à 20 mSv en 2004. C'est dans le secteur de la recherche que les doses individuelles sont les plus faibles en moyenne (< 0,1 mSv). A l'opposé, les travailleurs des entreprises sous-traitantes des grands exploitants nucléaires ont les doses les plus élevées en moyenne (0,7 mSv).

La figure 3 (issue du tableau 3) illustre les inégalités importantes dans la distribution des doses par grands secteurs d'activité.

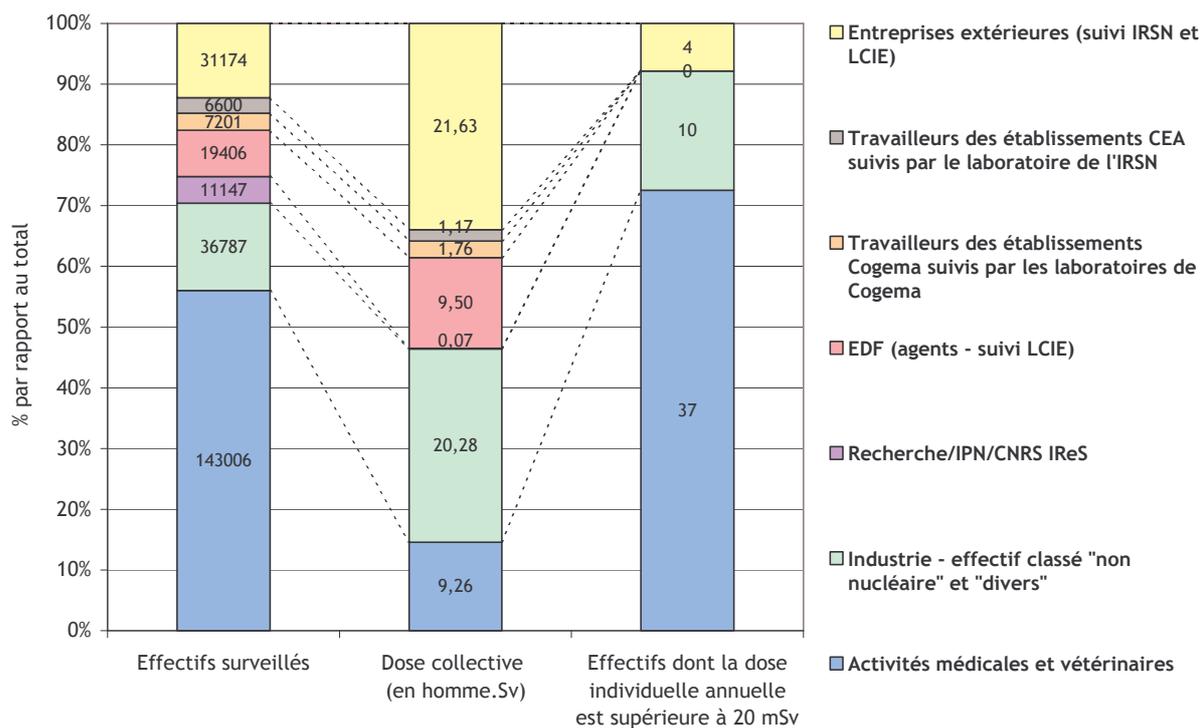


Figure 3- Bilan synthétique des expositions externes professionnelles en 2004 (effectifs surveillés, doses collectives et effectifs dont la dose individuelle annuelle est supérieure à 20 mSv)

A partir des regroupements d'activités professionnelles effectués dans le tableau 3, il est possible de considérer 4 grands domaines regroupant respectivement les activités médicales et vétérinaires, les activités de recherche et d'expertise, les activités réalisées dans le cadre de l'industrie nucléaire et celles réalisées dans le cadre de l'industrie non nucléaire.

3.3.3.1. Activités médicales et vétérinaires

La majorité des travailleurs surveillés est employée dans le domaine médical et vétérinaire, avec 143 006 travailleurs (soit 56 % des effectifs surveillés). L'exposition professionnelle résulte essentiellement de l'utilisation des rayons X en radiodiagnostic médical (mammographie, radiologie dentaire, radiologie conventionnelle, scanographie, radiologie interventionnelle, ...). Des installations de radiodiagnostic existent aussi dans le secteur des activités vétérinaires. La radiothérapie externe utilise principalement des accélérateurs d'électrons ou des sources isotopiques (Cobalt-60 essentiellement). A noter toutefois un centre de neutronthérapie (Orléans) et 2 centres de protonthérapie (Orsay et Nice). La médecine nucléaire met en œuvre des radionucléides à période relativement courte (typiquement 8 jours pour l'iode-131) pouvant conduire à une exposition des professionnels de santé lors des différentes étapes de leur administration aux patients.

Globalement, le domaine médical et vétérinaire regroupe les trois quarts des travailleurs les plus exposés, soit 37 personnes dont la dose individuelle annuelle est supérieure à 20

mSv. Le secteur de la radiologie et du diagnostic est de très loin le plus important tant en termes d'effectifs surveillés que de dose collective, suivi du secteur dentaire en termes d'effectifs et de la médecine nucléaire en termes de dose collective. La figure 4 donne la répartition des effectifs surveillés et des doses collectives par types d'activité du domaine médical et vétérinaire.

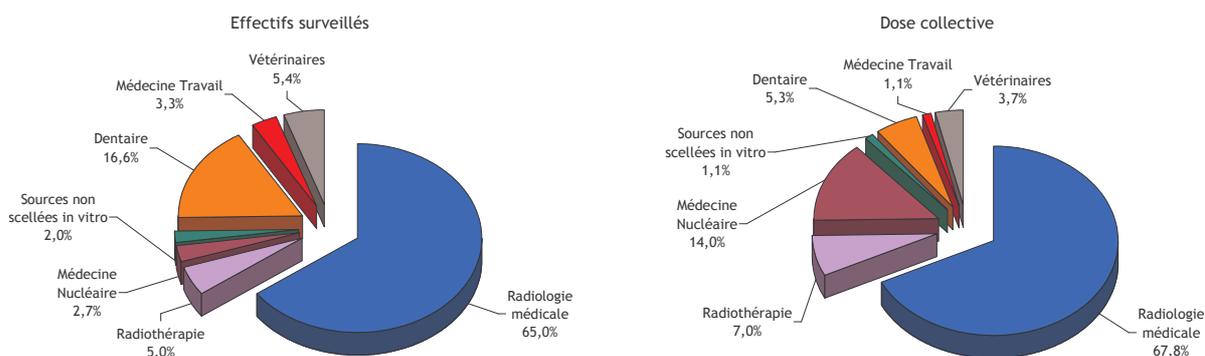


Figure 4- Répartition des effectifs surveillés et des doses collectives dans le domaine médical et vétérinaire en 2004

Alors que 3 travailleurs en radiothérapie présentent une dose annuelle dépassant 20 mSv en 2004, il est surprenant d'en compter 2 (dont 1 dont la dose individuelle annuelle est supérieure à 50 mSv) dans le secteur dentaire où les doses reçues sont généralement faibles. Il en est de même pour les activités vétérinaires (3 travailleurs présentent une dose individuelle annuelle supérieure à 20 mSv dont 1 supérieure à 50 mSv) et dans une moindre mesure pour la médecine du travail (1 travailleur présente une dose individuelle annuelle supérieure à 20 mSv).

Ces chiffres doivent cependant être considérés avec prudence (cf. § 3.3.2). Les doses sont vraisemblablement surestimées dans certains cas (ex : dosimètre porté sur le tablier de plomb, dosimètre « poitrine » porté par erreur au niveau des extrémités, dosimètre placé sur le tube émetteur de rayons X). Les doses peuvent à l'inverse être sous-estimées ou même non enregistrées dans d'autres cas (ex : port de dosimètres non systématique en radiologie interventionnelle).

3.3.3.2. Activités de recherche et d'expertise

Sont ici regroupés les secteurs d'activité de la recherche et de l'expertise : « Recherche Expertise (CEA suivi IRSN) », « IPN d'Orsay », « CERN » et « IReS ». Si les travaux de recherche effectués au CEA sont en majorité pour l'industrie nucléaire, une partie d'entre

eux sont tournés vers d'autres domaines : sciences du vivant, étude des matériaux, applications médicales, etc.

Relèvent de la « Recherche » des activités effectuées au sein de laboratoires pharmaceutiques, de centres universitaires, de laboratoires des organismes nationaux de recherche (INSERM, INRA, CNRS,...).

17 747 travailleurs ont été surveillés dans ce domaine en 2004, totalisant une dose collective de 1,23 homme.Sv. Les doses individuelles annuelles sont globalement faibles, toutes inférieures à 6 mSv.

En 2004, l'effectif du CEA surveillé par le laboratoire LSDOS de l'IRSN s'élève à 6 600 travailleurs. La dose collective correspondante est de 1,17 homme.Sv, soit pratiquement la même que celle de l'établissement de Melox mais pour un effectif 8 fois plus élevé.

L'institut de Physique Nucléaire d'Orsay (3 132 travailleurs surveillés) et l'Institut de Recherche Subatomique de Strasbourg (804 travailleurs surveillés) présentent des doses collectives très faibles ; seuls 6 travailleurs ont reçu des doses supérieures à 1 mSv à l'IPN et aucun à l'IReS.

3.3.3.3. Industrie nucléaire

Le domaine de l'industrie nucléaire recouvre l'ensemble des étapes du cycle du combustible (AREVA, agents et prestataires) et l'exploitation des réacteurs de production d'électricité (EDF, agents et prestataires).

Le laboratoire de Cogéma La Hague surveille les personnels de l'usine de retraitement des combustibles usés. Sur les 3 012 travailleurs surveillés, aucun n'a enregistré une dose supérieure à 6 mSv en 2004. La dose collective est par ailleurs peu élevée (0,1 homme.Sv).

Le laboratoire de Cogéma Marcoule assure la surveillance du personnel des établissements de Cogéma à Marcoule, Miramas et Pierrelatte, ainsi que des usines Melox et FBFC (effectif constitué majoritairement d'agents Cogéma, mais aussi CEA, IRSN, ...). Sur les 4 189 travailleurs surveillés, seuls des travailleurs de l'établissement de Melox enregistrent des doses supérieures à 6 mSv (en l'occurrence 89 personnes) ; aucune dose n'est enregistrée au-dessus de 15 mSv. La dose collective est égale à 1,65 homme.Sv, l'établissement de Melox y contribuant à environ 90 %.

Le bilan relatif à EDF s'établit à 19 406 agents surveillés pour une dose collective de 9,5 homme.Sv. Aucun d'entre eux n'a enregistré une dose supérieure à 15 mSv en 2004.

Les entreprises extérieures telles qu'identifiées par LCIE-LANDAUER et l'IRSN/LSDOS totalisent 31 174 travailleurs surveillés pour une dose collective de 21,63 homme.Sv. La dose individuelle annuelle est supérieure à 20 mSv chez 4 travailleurs, et supérieure à 50 mSv pour 2 d'entre eux.

3.3.3.4. Industrie non nucléaire

Le domaine non nucléaire regroupe toutes les activités industrielles « classiques » concernées par l'usage des rayonnements ionisants : contrôles non destructifs (gammagraphie), étalonnage, irradiation industrielle et autres activités utilisant des sources radioactives telles que les humidimètres et les gamma-densimètres, les jauges d'épaisseur ou de niveau, les ioniseurs, etc.

36 787 travailleurs ont été surveillés dans ce domaine en 2004, totalisant une dose collective de 20,28 homme.Sv. La nomenclature actuelle utilisée par les laboratoires de dosimétrie ne permet pas de connaître plus précisément les affectations professionnelles des travailleurs. Dans l'industrie non nucléaire, 10 travailleurs ont enregistré une dose individuelle annuelle supérieure à 20 mSv. Parmi ceux-ci, 4 ont enregistré une dose supérieure à 50 mSv.

3.3.4. Evolutions par rapport aux années précédentes

Les résultats du bilan de l'année 2004 sont analysés ci-après par comparaison avec les données statistiques issues des bilans établis antérieurement par l'IRSN (période 1996 - 2004) ([1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9])

3.3.4.1. Evolution des effectifs surveillés par grands domaines d'activité de 1996 à 2004

Au cours de la période 1996-2004, des variations plus ou moins sensibles des effectifs surveillés ont été enregistrées dans les différents domaines d'activité (figure 5).

Ces variations ont deux causes possibles : d'une part, le nombre de travailleurs surveillés dans un domaine donné peut avoir varié en relation directe avec l'activité de ce domaine, d'autre part, sans que l'activité et le nombre total des travailleurs aient nécessairement changé, le nombre de ceux ayant bénéficié d'un suivi dosimétrique a pu varier.

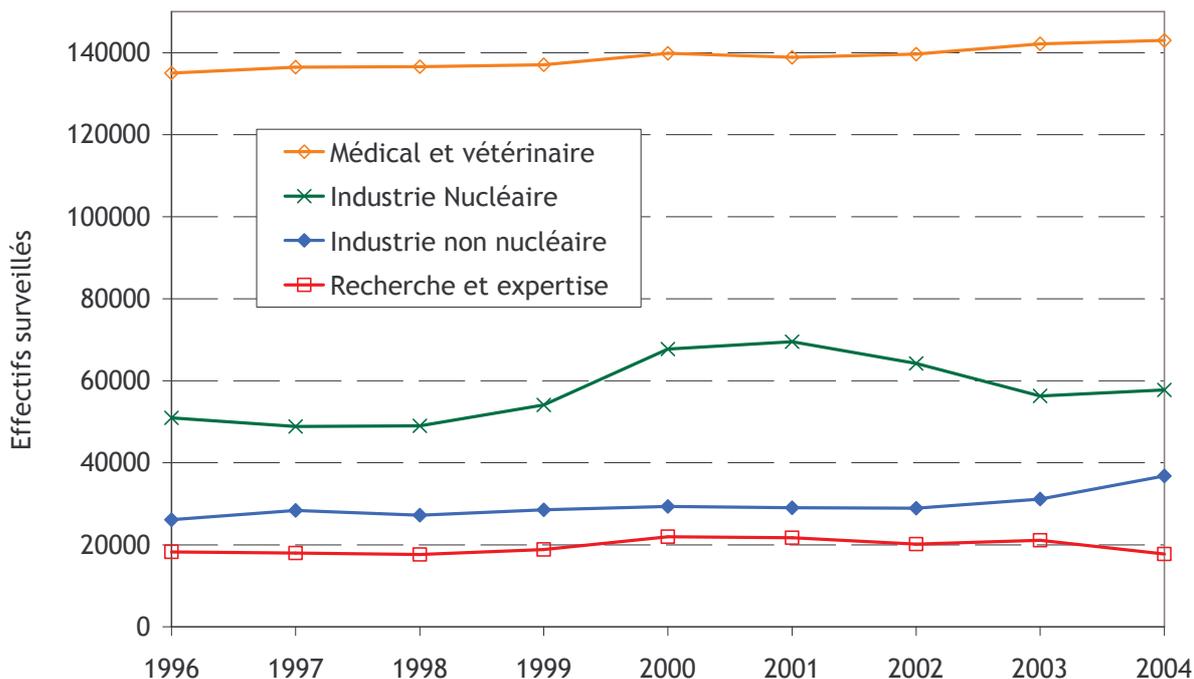


Figure 5 - Evolution des effectifs surveillés, par domaines d'activité, de 1996 à 2004

Ainsi, la hausse régulière du nombre des personnels surveillés au cours de ces dernières années dans le secteur vétérinaire traduit-elle plutôt le résultat d'une meilleure sensibilisation de ces professionnels à la nécessité d'un suivi dosimétrique qu'une évolution significative de leur activité. Inversement, une baisse régulière des effectifs surveillés semble s'être amorcée depuis l'année 2001 dans le secteur de l'industrie nucléaire aussi bien à EDF qu'à COGEMA.

Une augmentation significative des effectifs surveillés de 1999 à 2001 (plus de 20 000 travailleurs suivis supplémentaires sur cette période) avait été observée dans l'industrie nucléaire et plus particulièrement pour les « entreprises extérieures ». Plusieurs facteurs ont pu contribuer à cette augmentation tels une croissance des activités nucléaires ou des modifications du mode de suivi des travailleurs par les laboratoires d'exploitation dosimétrique. Il semble cependant que les raisons les plus probables de cette hausse aient été, d'une part l'introduction en 1999 de nouvelles prescriptions réglementaires¹⁴, d'autre part la montée en puissance des contrôles effectués.

3.3.4.2. Evolution des doses collectives de 1996 à 2004

L'évolution de la dose collective de l'ensemble des travailleurs surveillés est donnée sur la figure 6, parallèlement à l'évolution du nombre de ces travailleurs.

¹⁴ En particulier la parution de l'arrêté du 23 mars 1999 précisant les règles de la dosimétrie externe des travailleurs affectés à des travaux sous rayonnements en application des articles 20 bis et 25-I du décret du 28 avril 1975 modifié et des articles 31 bis et 34-I du décret du 2 octobre 1986 modifié.

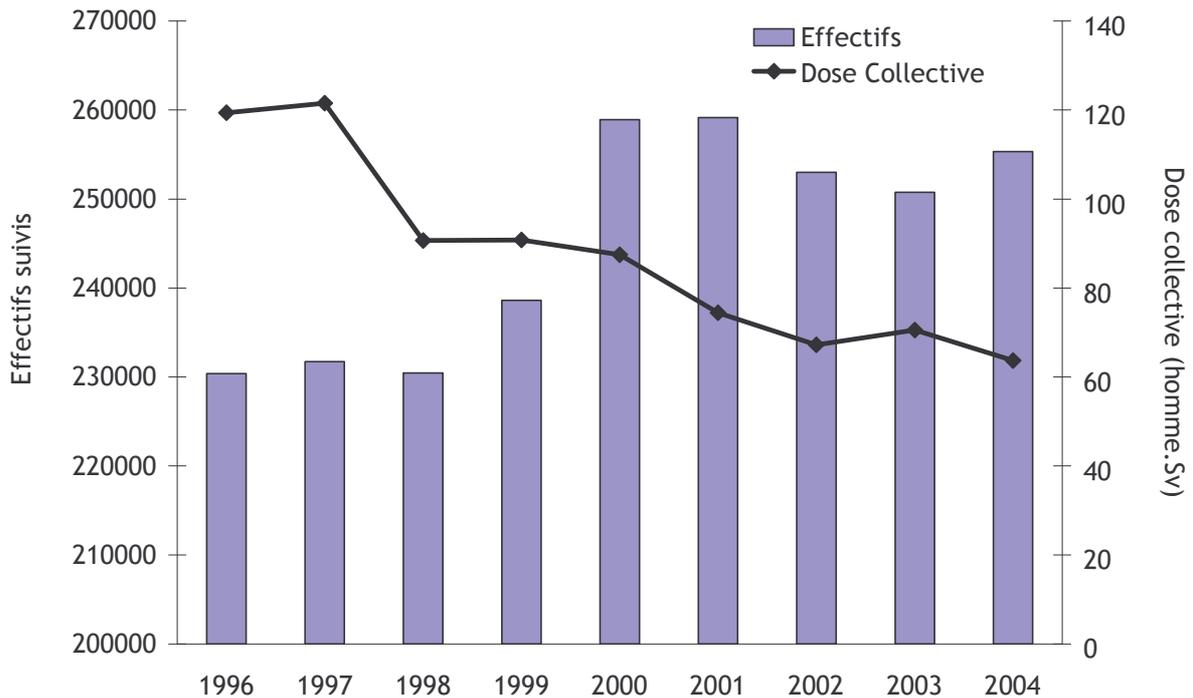


Figure 6 - Evolution des effectifs surveillés et des doses collectives, de 1996 à 2004

La dose collective baisse régulièrement avec toutefois une très légère remontée au cours de l'année 2003. Cette évolution à la baisse se réalise indépendamment des variations du nombre de travailleurs surveillés.

La figure 7 rend compte de l'évolution observée dans les différents domaines d'activité, et en particulier de la baisse très nette de la dose collective pour l'industrie nucléaire. L'industrie nucléaire a mené des efforts importants dans le développement de la radioprotection, qui se traduit par une dose collective divisée par deux entre 1996 et 2004.

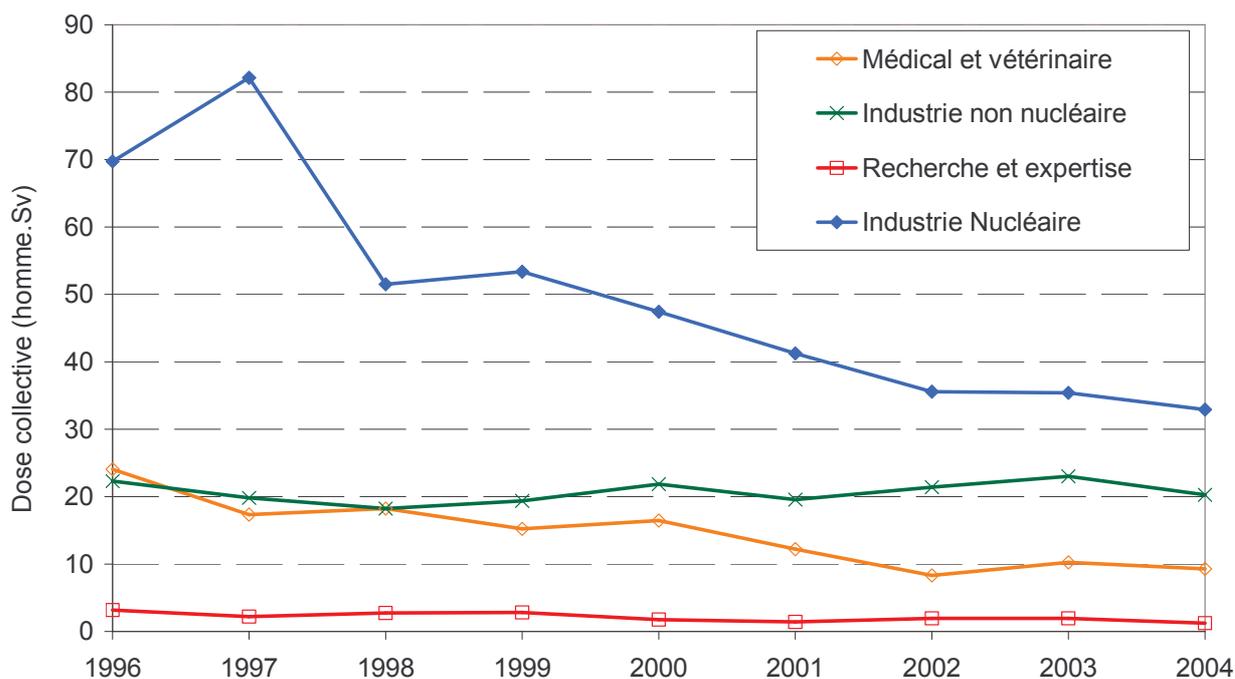


Figure 7 - Evolution des doses collectives, par domaines d'activité, de 1996 à 2004

3.3.4.3. Evolution du nombre de travailleurs ayant reçu une dose externe annuelle supérieure à 20 mSv, de 1996 à 2004

La figure 8 présente l'évolution de 1996 à 2004 du nombre de travailleurs surveillés dont la dose annuelle est supérieure à 20 mSv. En 1996, 905 travailleurs surveillés avaient reçu une dose par exposition externe supérieure à 20 mSv. Ce nombre a été divisé par 13 entre 1996 et 2000, des efforts particuliers ayant été réalisés dans l'industrie nucléaire. Depuis 2000, on note que le nombre de travailleurs ayant reçu une dose par exposition externe supérieure à 20 mSv reste relativement stable (entre 50 et 100 travailleurs par an en moyenne, soit de l'ordre de 3 pour 10 000 travailleurs surveillés) et les variations annuelles relèvent de fluctuations statistiques.



Figure 8 - Evolution du nombre de travailleurs surveillés dont la dose annuelle est supérieure à 20 mSv, de 1996 à 2004

Trois secteurs d'activité présentent de façon récurrente des doses supérieures à 20 mSv par an : le secteur de la radiologie médicale, celui de l'industrie non nucléaire (essentiellement les métiers du contrôle non destructif par tir gammagraphique) et celui des entreprises sous-traitantes des grands exploitants nucléaires (calorifugeurs, tourneurs, mécaniciens, soudeurs, ...).

L'évolution de 1996 à 2004 du nombre de travailleurs surveillés dont la dose annuelle est supérieure à 20 mSv, par domaine d'activité, (figure 9) montre que le nombre de cas de dépassement des 20 mSv a fortement diminué dans l'industrie nucléaire¹⁵ (passant de 487 en 1996 à 4 en 2004) ainsi que dans l'industrie non nucléaire (222 en 1996, 9 en 2004).

Cette baisse est également observée dans le domaine des activités médicales et vétérinaires (193 en 1996, 37 en 2004), mais ce domaine est maintenant celui qui concentre les effectifs les plus fortement exposés.

¹⁵ Industrie nucléaire : centrales nucléaires - agents EDF, cycle du combustible - agents COGEMA, MELOX, et entreprises extérieures.

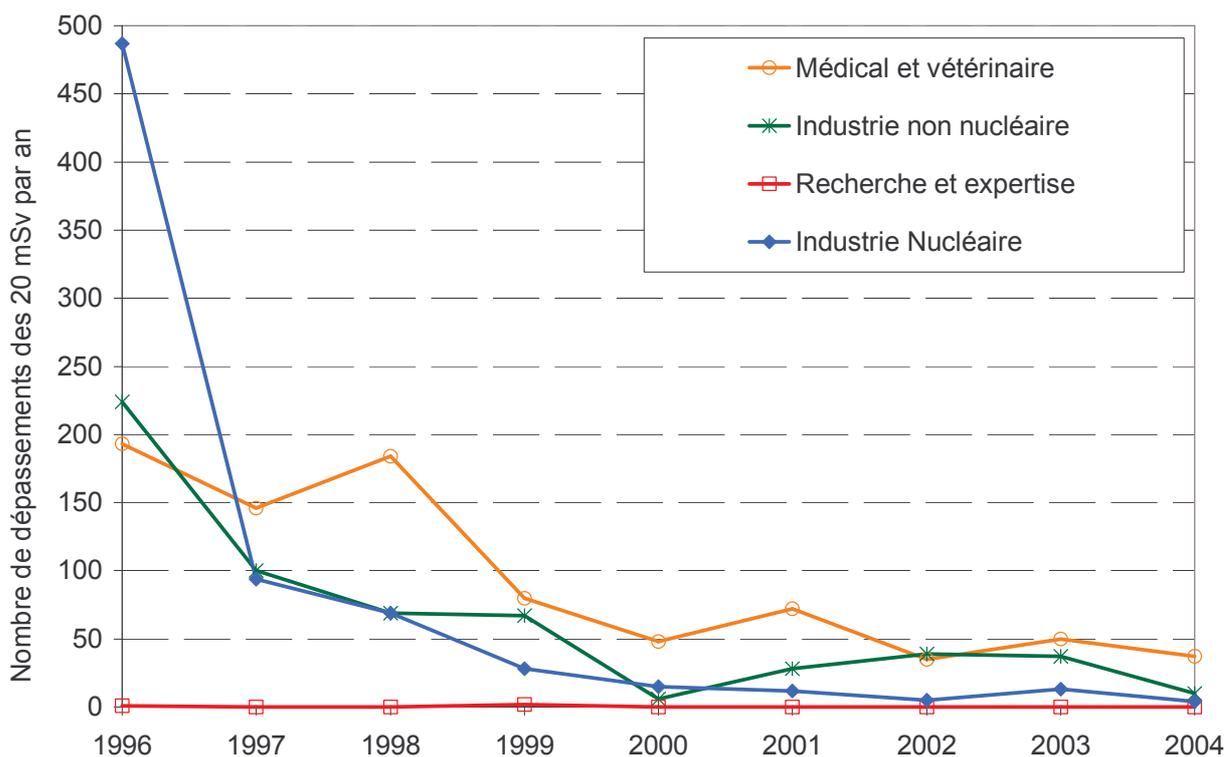


Figure 9 - Evolution du nombre de travailleurs surveillés dont la dose annuelle est supérieure à 20 mSv, de 1996 à 2004, par domaines d'activité

3.3.4.4. Evolution du nombre de travailleurs ayant reçu une dose externe annuelle supérieure à 50 mSv de 1996 à 2004

La figure 10 illustre l'évolution du nombre de travailleurs ayant reçu une dose externe annuelle supérieure à 50 mSv au cours de la période 1996-2004.

En 1996, 63 travailleurs surveillés avaient reçu une dose par exposition externe supérieure à 50 mSv. Ce nombre a été divisé par 2 entre 1996 et 2000. Depuis 2000, on note que le nombre de travailleurs surveillés ayant reçu une dose par exposition externe supérieure à 50 mSv a encore décliné d'un facteur 2 pour se stabiliser autour de 15 travailleurs par an.

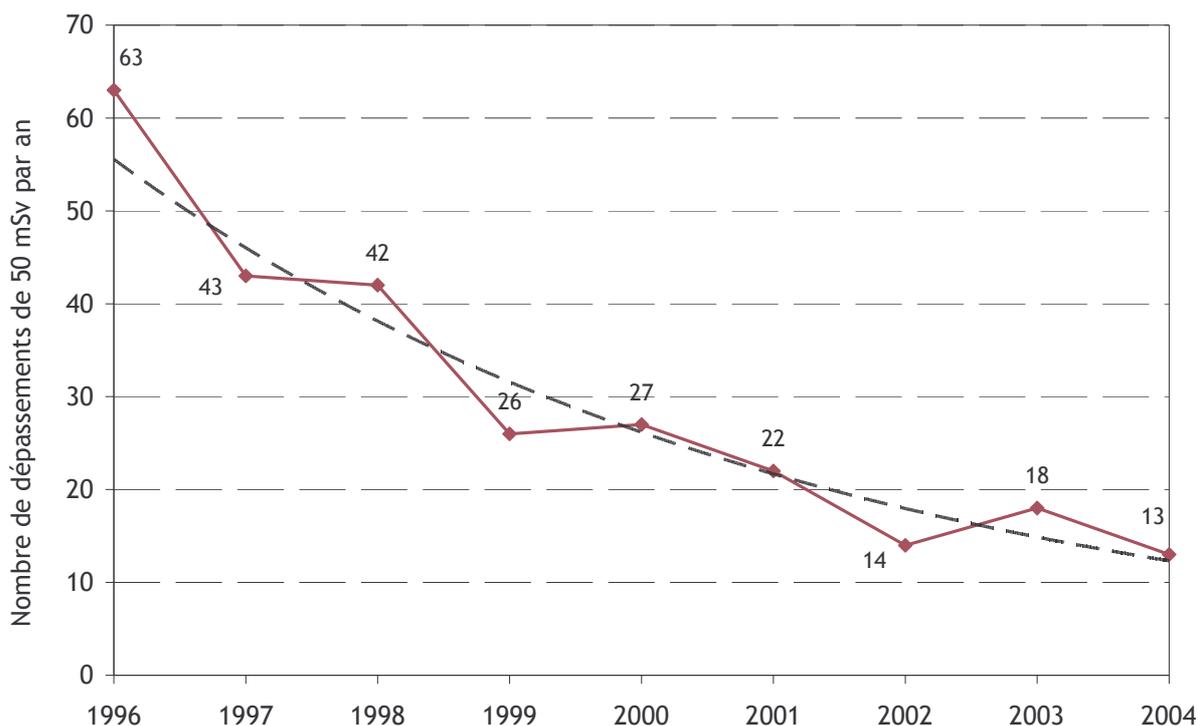


Figure 10 - Nombre de travailleurs ayant reçu une dose externe annuelle supérieure à 50 mSv, de 1996 à 2004

Les doses annuelles supérieures à 50 mSv sont enregistrées de façon récurrente mais en nette régression dans le secteur de la radiologie médicale (passant de 45 en 1996 à 7 en 2004) et dans l'industrie non nucléaire (15 en 1996, 4 en 2004).

3.4. DOSIMETRIES COMPLEMENTAIRES

3.4.1. Dosimétrie des neutrons

Les informations transmises concernant la dosimétrie des neutrons en 2004 sont regroupées ci-après par laboratoire exerçant une surveillance dosimétrique « neutrons ».

- Laboratoire de l'IPN d'Orsay

Parmi les 3 132 travailleurs surveillés à l'IPN d'Orsay, 746 disposent d'une dosimétrie spécifique aux neutrons. Il est à noter qu'aucun cas d'exposition mixte photons et neutrons n'est enregistré par l'IPN. Parmi les 746 travailleurs surveillés vis-à-vis des neutrons, 12 enregistrent une exposition externe aux neutrons comprise entre le seuil d'enregistrement et 6 mSv. La dose collective due aux neutrons s'élève à 4,5 homme.mSv pour 2004, soit 20% de la dose collective totale (20 homme.mSv).

- Laboratoire de l'IReS

Les activités réalisées à l'IReS ne nécessitent pas la mise en œuvre d'une dosimétrie complémentaire « neutrons ».

- Laboratoire de Cogéma La Hague

Les 3012 travailleurs surveillés par le laboratoire de Cogéma La Hague font systématiquement l'objet d'une dosimétrie complémentaire « neutrons » au niveau de la poitrine. En 2004, 203 d'entre eux ont reçu une dose totale (neutrons + photons) supérieure au seuil d'enregistrement. Parmi ces 203 travailleurs, 85 ont reçu une dose due aux neutrons supérieure au seuil d'enregistrement.

La dose collective totale (neutrons + photons) est de 116 homme.mSv en 2004. La contribution de la composante neutronique à la dose collective est de 22 homme.mSv, soit environ 20% de la dose collective totale.

- Laboratoire de Cogéma Marcoule

Les 4 189 travailleurs dont la surveillance est assurée par le laboratoire de Cogéma Marcoule sont composés de personnels de Cogéma (2206), du CEA Valrho (1083), de Melox (790), de l'IRSN (7), d'EDF (61), de FBFC (36) et de non classés ou « divers » (6). La dose collective totale (neutrons + photons) pour l'ensemble de ces travailleurs s'établit à 1,65 homme.Sv en 2004, les doses reçues dans l'établissement de Melox contribuant majoritairement (plus de 87 %) à cette dose collective.

La composante neutronique ne représente que 3,5 % de la dose collective de l'établissement de Marcoule. Par contre, elle représente plus de 50 % de celle de l'établissement de Melox ; ceci s'explique par le fort taux d'émission neutronique du combustible MOX (oxyde mixte de plutonium et d'uranium) fabriqué à Melox.

- Laboratoire IRSN/LSDOS

Parmi les 5 391 travailleurs qui ont fait l'objet d'une dosimétrie « neutrons » en 2004, 356 ont enregistré une dose supérieure au seuil d'enregistrement. Parmi ceux-ci, 34 travailleurs ont enregistré une dose supérieure à 1 mSv mais aucun n'a enregistré de dose supérieure à 6 mSv.

3.4.2. Dosimétrie d'extrémités

Des dosimètres d'extrémités (bagues, dosimètres « poignets ») sont portés par les travailleurs dont les mains ou les membres sont susceptibles d'être soumis, au cours de

leurs tâches, à une exposition aux rayonnements ionisants significative par rapport au reste de leur organisme. Ce sont par exemple les médecins réalisant une biopsie viscérale sous rayonnements ionisants ou encore les opérateurs effectuant des manipulations de sources radioactives en boîtes à gants.

La limite réglementaire de dose aux extrémités sur douze mois consécutifs est fixée à 500 mSv.

Les informations transmises en 2004 concernant la dosimétrie d'extrémités sont regroupées ci-après par laboratoire exerçant une surveillance dosimétrique.

- Laboratoire de l'IReS

Les résultats de la dosimétrie d'extrémités (poignet) montrent 2 agents de l'IReS exposés dont le cumul de dose¹⁶ est de 2,5 mSv (exposition β aux poignets et aux mains).

- Laboratoire de l'IPN d'Orsay

La dosimétrie d'extrémités (poignet et doigt) a concerné 269 travailleurs en 2004. 19 d'entre eux présentent une dose annuelle comprise entre le seuil d'enregistrement et 6 mSv, soit une dose très inférieure à la limite réglementaire de 500 mSv. Au cours de l'année, seuls 10 travailleurs ayant présenté une dose non nulle aux extrémités ont également eu une exposition globale (dose non nulle sur le dosimètre « poitrine »).

- Laboratoire de Cogéma La Hague

Une dosimétrie « poignet » a été réalisée pour 2 294 travailleurs en 2004. Sur ces 2 294 travailleurs, 309 ont reçu une dose supérieure au seuil d'enregistrement et la dose collective aux extrémités est de 325 homme.mSv.

- Laboratoire de Cogéma Marcoule

Une dosimétrie d'extrémités a été mise en œuvre pour 1 737 agents. Sur cet effectif, 588 ont reçu des doses supérieures au seuil d'enregistrement. La dose collective aux extrémités pour ces 588 travailleurs est de 11 800 homme.mSv (l'établissement de Melox contribuant à plus de 98 % à ce cumul de doses¹⁷) et la dose maximale enregistrée de 162,2 mSv pour un agent de l'établissement de Melox. L'augmentation d'environ un facteur 2 des doses collectives aux extrémités entre 2002 et 2004 est du même ordre que celle observée au niveau de l'organisme entier (doses efficaces collectives mesurées par les dosimètres passifs portés à la poitrine). Cette augmentation traduit l'évolution de la capacité de production de l'usine Melox.

¹⁶ Équivalent de dose individuel Hp(0,07) mesuré à 0,07 mm de profondeur dans les tissus

¹⁷ En 2002, la dose collective aux extrémités était de 5 142 homme.mSv pour le personnel MELOX (la dose efficace collective pour ce même effectif était de 965 homme.mSv).

- Laboratoire IRSN/LSDOS

2 906 travailleurs ont porté une bague dosimétrique au cours de l'année 2004, en légère augmentation par rapport à l'année 2003 (2 755 travailleurs). La dose maximale enregistrée est de 441 mSv, soit une valeur proche de la limite réglementaire fixée à 500 mSv pour les travailleurs. Pour mémoire, en 2003, aucun travailleur ayant porté un dosimètre d'extrémités fourni par l'IRSN n'avait reçu de dose aux extrémités supérieure à 150 mSv [1].

3.5. CONCLUSION

Le bilan des expositions externes des travailleurs pour l'année 2004 a été réalisé selon la même méthode que celui de l'année 2003. Les variations observées d'une année sur l'autre sont faibles, tant en ce qui concerne les effectifs surveillés que les doses collectives associées dans les différents secteurs d'activité.

Il existe toutefois quelques points marquants. En premier lieu, la diminution des doses collectives amorcée depuis la fin des années 90 se poursuit, en particulier dans les secteurs de l'industrie nucléaire et du médical alors que les effectifs surveillés correspondants ont plutôt augmenté. Cette évolution positive est due à la mise en application de la directive européenne 96/29/Euratom (1996) avant même sa transposition officielle dans la réglementation française. En revanche, les doses collectives restent sensiblement constantes depuis une dizaine d'années dans le secteur de l'industrie non nucléaire. En second lieu, le nombre de travailleurs ayant reçu au cours de l'année 2004 une dose cumulée supérieure à 20 mSv a bien diminué mais leur nombre reste néanmoins important (51). Comme les années précédentes, les secteurs présentant les travailleurs les plus exposés sont le secteur médical et celui de l'industrie non nucléaire.

4. PERSPECTIVES

4.1. EVOLUTION DE L'ANALYSE DU BILAN DOSIMETRIQUE DES TRAVAILLEURS

Pour améliorer la robustesse des bilans dosimétriques annuels futurs, plusieurs voies seront exploitées.

Tout d'abord, le déploiement opérationnel du système SISERI sera poursuivi. Ceci devrait permettre de faciliter l'enregistrement et le traitement des données, et d'améliorer les statistiques des expositions professionnelles.

Ensuite, une nouvelle nomenclature commune aux employeurs, aux laboratoires en charge du suivi dosimétrique et à l'unité de l'IRSN en charge de la collecte et du traitement de l'ensemble des informations dosimétriques (SISERI) va être élaborée afin de disposer d'éléments d'information plus fins, utiles pour l'analyse des données.

Il s'agira par ailleurs de consolider les données grâce à la comparaison entre dosimétrie passive et dosimétrie opérationnelle.

Enfin, il conviendra d'élargir le bilan, d'une part en intégrant l'analyse des données de dosimétrie interne et l'ensemble des données de dosimétrie « complémentaire » (doses d'extrémités, doses « neutrons », ...), d'autre part en prenant en compte le bilan relatif aux doses reçues dans le secteur de la défense et celles reçues hors du territoire.

4.2. REFLEXIONS SUR LES EVOLUTIONS POSSIBLES DE LA STRATEGIE DE SURVEILLANCE DE L'EXPOSITION DES TRAVAILLEURS AUX RAYONNEMENTS IONISANTS

Deux ans et demi après la sortie du décret travailleurs et alors que les derniers arrêtés d'application vont paraître, c'est une des missions de l'IRSN d'effectuer un retour d'expérience de l'application de la nouvelle réglementation et d'analyser les nouvelles problématiques qui émergent tant au niveau international qu'au niveau national.

Au niveau international, l'IRSN participe aux travaux de la CIPR. Alors que ses nouvelles recommandations sont attendues fin 2006, début 2007, la CIPR lance dès maintenant une réflexion portant sur l'application de celles-ci à la protection des travailleurs et à l'exposition au rayonnement naturel renforcé.

En France, est paru en 2005 un premier arrêté relatif à l'exposition des travailleurs aux rayonnements ionisants du fait de l'utilisation de substances radioactives pour un objet autre que leurs propriétés radioactives. L'IRSN participe à la préparation d'un second arrêté relatif à l'exposition des travailleurs du fait de la présence de radon dans l'atmosphère ambiante sur le lieu de travail. La plupart des entreprises concernées par l'exposition à la radioactivité naturelle ne sont pas familières du risque correspondant et un but essentiel de la nouvelle réglementation est d'évaluer le risque de manière à prendre

les mesures de protection nécessaires partout où cela se révélera pertinent. D'ores et déjà, on peut s'attendre à ce qu'un nombre limité mais non nul de travailleurs soient exposés à quelques mSv/an, exposition qu'on peut mettre en perspective avec celle de l'immense majorité (plus de 90%) des travailleurs actuellement suivis dans la base SISERI, dont la dose annuelle est inférieure à 1mSv.

Cette problématique est donc amenée à prendre une place croissante dans la stratégie de prévention de l'exposition des travailleurs aux rayonnements ionisants à côté de celle d'autres secteurs professionnels traditionnellement sensibles (secteur médical, secteur dit du "petit nucléaire" - recherche et industrie non nucléaire).

L'IRSN utilisera ses compétences et son plateau technique pour effectuer avec les employeurs des études de poste de travail et évaluer les doses individuelles dans ces environnements complexes et variés. Il en fera une analyse critique en collaboration avec la Direction des Relations du Travail de manière notamment à apporter son concours à la réflexion des partenaires sociaux du Conseil Supérieur de la Prévention des Risques Professionnels.

5. REFERENCES

- [1] La radioprotection des travailleurs - Bilan de la surveillance dosimétrique de l'exposition externe en 2003 - IRSN rapport DRPH/SER/2004-38
- [2] Revue Contrôle - Dossier: Le contrôle de l'utilisation des rayonnements ionisants - Exposition professionnelle aux rayonnements ionisants en France - Répartition des doses par secteur d'activité - ASN n°143 novembre 2001 A. BIAU
- [3] Rapport d'activité OPRI - 1996
- [4] Rapport d'activité OPRI - 1997
- [5] Rapport d'activité OPRI - 1998
- [6] Rapport d'activité OPRI - 1999
- [7] La radioprotection des travailleurs exposés (Eléments de statistiques dosimétriques communiqués à la DRT) - IRSN 2002 A. BIAU
- [8] Rapport d'activité OPRI - 2000
- [9] Rapport d'activité OPRI - 2001